

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年1 月6 日 (06.01.2005)

PCT

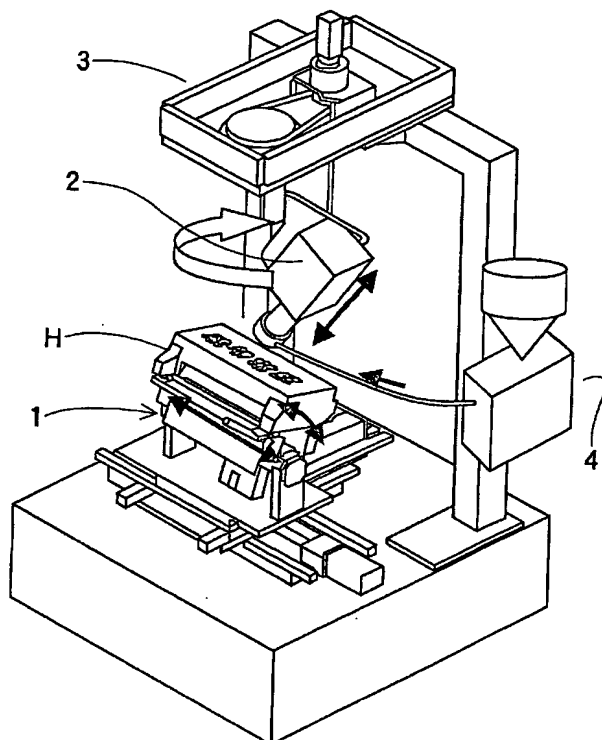
(10) 国際公開番号  
WO 2005/000517 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B23K 26/34 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/009525 (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 佐藤 彰生 (SATO, Akio) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 石川 善統 (ISHIKAWA, Yoshinori) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).  
(22) 国際出願日: 2004 年6 月29 日 (29.06.2004)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願2003-187222 2003 年6 月30 日 (30.06.2003) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).  
(74) 代理人: 大川 宏 (OHKAWA, Hiroshi); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅3丁目2番5号 Aichi (JP).  
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: LASER CLADDING APPARATUS AND METHOD

(54) 発明の名称: レーザクラッド加工装置およびレーザクラッド加工方法



(57) Abstract: A laser cladding apparatus for applying laser cladding process on a valve seat portion of a cylinder head has cylinder head-holding means (1) for holding a cylinder head (H) in an inclined manner such that the axis of a valve seat is in the vertical direction, a laser processing head (2) for irradiating a laser beam to a work portion of the valve seat and discharging a powder material to the work portion, rotating means (3) for rotating the laser processing head about the axis of the valve seat with the laser processing head inclined relative to the vertical direction, and powder material feeding means (4) for feeding the powder material to the laser processing head.

[続葉有]



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,  
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,  
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

シリンダヘッドのバルブシート部にレーザクラッド加工を行うレーザクラッド加工装置は、バルブシートの中心軸線が鉛直方向となるようにシリンダヘッド(H)を傾動して保持するシリンダヘッド保持手段(1)と、バルブシートの加工部位にレーザビームを照射するとともに、この加工部位に粉末材料を吐出するレーザ加工ヘッド(2)と、レーザ加工ヘッドを鉛直方向に対して傾斜した状態でバルブシートの中心軸線周りに回転する回転手段(3)と、レーザ加工ヘッドに粉末材料を供給する粉末材料供給手段(4)とを有する。

## 明 細 書

## レーザクラッド加工装置およびレーザクラッド加工方法

## 技術分野

本発明は、シリンダヘッドのバルブシート部にレーザビームによってクラッド層を形成するためのレーザクラッド加工装置およびレーザクラッド加工方法に関し、さらに詳しくは、シリンダヘッドを固定して、シリンダヘッドのバルブシート部に対してレーザビームを出射し粉末材料を吐出するレーザ加工ヘッドをバルブシートの軸心線周りに回転しながらクラッド層を形成するレーザクラッド加工装置、およびレーザクラッド加工方法に関するものである。

## 背景技術

レーザクラッド加工に関する従来技術としては、例えば、特開平 9-155583 号公報に開示されたレーザクラッド装置が知られている。当該公報に開示されたレーザクラッド装置は、図 25 に示すように、加工部位 W に対してレーザビーム L を照射するレーザビーム照射手段 50 と、シリンダヘッドを保持するテーブル T' と、このテーブル T' に保持されたシリンダヘッドを各バルブシートの中心軸線 J まわりに回転させるための回転駆動手段 51 と、加工するバルブシートの中心軸線 J と前記所定の回転軸とを一致させるようにテーブル T' の位置を X、Y 方向の 2 次元平面内で移動調整するテーブル位置調整機構 52 と、を備えたものである。

このような従来技術では、図 24 に示すように、バルブシート面を構成するべく供給された粉末材料 P やレーザビーム L によって熔融された粉末材料 P がバルブシートからバルブ穴にたれ落ちたり偏るのを防ぐために、加工部位 W が上向きとなるように、すなわち、加工部位 W に対する垂直な線 K が絶対的な鉛直方向を指向するように、バルブシートの中心軸線 J を鉛直方向に対して傾斜させた状態

でテーブルT'に保持されている。そして、その中心軸線J周りにシリンダヘッドを回転させながらレーザビームLを加工部位Wに対する垂直な線Kに沿って鉛直方向に照射するものである。すなわち、レーザビームは固定されており、シリンダヘッドが回転してレーザクラッド加工を行う技術である。

ところが、このような従来技術においては、図24に示すようにパルプシート面を形成する部分が上向きとなるように、シリンダヘッド全体を所定の角度傾けた上でその加工部位となるパルプシートの中心軸線Jを回転中心として重量物であるシリンダヘッド全体を回転運動させる必要がある。かかる重量物であるシリンダヘッドを堅固に位置決め保持した上でこれを円滑に回転させるためには、図25に示したような、巨大な設備が必要となり多大な設備投資及び設備設置スペースを要することとなる。

また、溶融しないでパルプシート部に残った粉末材料は、シリンダヘッドが回転するために周囲に飛散してしまい事実上その回収は極めて困難である。このため粉末材料の歩留が低下するとともに、飛散した粉末材料が加工装置の可動部でトラブルの原因になるという問題もあった。

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、簡単な構成で、クラッド層を適切かつ容易に低コストで形成することができるレーザクラッド加工装置と、レーザクラッド加工方法とを提供することを目的とする。

#### 発明の開示

本発明のレーザクラッド加工装置は、シリンダヘッドのパルプシート部にレーザクラッド加工を行うレーザクラッド加工装置であって、パルプシートの中心軸線が鉛直方向となるようにシリンダヘッドを傾動して保持するシリンダヘッド保持手段と、パルプシートの加工部位にレーザビームを照射するとともに、この加工部位に粉末材料を吐出するレーザ加工ヘッドと、このレーザ加工ヘッドを鉛直方向に対して傾斜した状態でパルプシートの中心軸線周りに回転する回転手段と、レーザ加工ヘッドに粉末材料を供給する粉末材料供給手段とを有することを特徴とするものである。

本発明のレーザクラッド加工装置において、シリンダヘッド保持手段は、シリンダヘッドを吸気バルブシートの中心軸線が鉛直線に平行となる第1の位置と、排気バルブシートの中心軸線が鉛直線に平行となる第2の位置との2つの位置に傾動させる傾動手段と、このシリンダヘッドを水平面上でX軸方向とX軸に直交するY軸方向とに移動させる水平移動手段とを備えることが望ましい。

また、本発明のレーザクラッド加工装置において、レーザ加工ヘッドは、レーザビームを発生するレーザビーム発生手段と、このレーザビームを通過するとともに粉末材料を吐出する同軸ノズルとを有することが好ましい。

ここで、レーザビーム発生手段は、複数のレーザダイオードアレイを配置し、バルブシート部の幅方向に応じてレーザダイオードアレイを制御してレーザビームを整形できることが好ましい。

本発明のレーザクラッド加工装置において、粉末供材料給手段は、粉末材料を定量的に所定の流出口へ流動させながらキャリアガスの圧力により流出口から流出させてレーザ加工ヘッドへ圧送供給することが望ましい。

本発明のレーザクラッド加工方法は、シリンダヘッドのバルブシート部にレーザクラッド加工を行うレーザクラッド加工方法であって、バルブシートの中心軸線が鉛直方向となるようにシリンダヘッドを傾動して保持し、レーザ加工ヘッドを鉛直方向対して傾斜した状態で保持してバルブシートの中心軸線周りに回転しながらバルブシート部に沿って粉末材料を供給するとともに、レーザビームを照射してレーザクラッド加工を行うことを特徴とするものである。

ここで、レーザビームの形状が矩形状であることが好ましく、粉末材料をこの矩形状のレーザビームの長辺を直径とする円内に集中して堆積するように吐出することが望ましい。

また、本発明のレーザクラッド加工方法においては、レーザ加工ヘッドをバルブシート部に沿って正転及び反転させることができ、レーザ加工の進行方向に対して粉末材料の堆積中心よりも所定量手前にレーザビームを照射して粉末材料を溶融することが好ましい。

また、本発明のレーザクラッド加工方法においては、粉末材料の圧送供給を停止させるときに、粉末材料の流動を停止させ、この流動停止時又は流動停止直前

からキャリアガスによる圧力を所定時間かけて所定値へ向けて低下させることが望ましい。

また、本発明のレーザクラッド加工方法において、粉末材料を圧送供給する前にキャリアガスの流量を増加させ粉末材料の流動開始直前に減少させて定常流量とし、流動停止直前にキャリアガスを大気開放するように制御することが好ましい。

本発明では、シリンダヘッドを固定して、レーザ加工ヘッドをバルブシートの中心軸線周りに傾斜して回転することにより、傾斜しているバルブシート面へクラッド層を形成することができる。

従って、従来技術に比べてレーザクラッド装置の構成要素を大幅に簡素化できるので従来技術に比べて設備費用を半減することができる。また、設備設置面積も大幅に（約 1/3 に）低減することができる。

本発明のレーザクラッド加工装置は、半導体レーザを使用しているので従来技術の CO<sub>2</sub>レーザ方式による装置に比べてレーザの効率が低い。従って、電力コストを大幅に（1/5 程度に）削減することができる。また、CO<sub>2</sub>レーザ方式のようにレーザガスの定期交換が不要であり、さらに部品交換なども容易であるため維持コストを大きく低減することができる。

従来の CO<sub>2</sub>レーザ方式による装置ではレーザビームはミラーでの空間伝播のためミラー各部の誤差により位置精度が低かった。本発明のレーザ加工装置によれば、ワークの位置決めは完全に機械精度のみで決まるのでレーザビームや粉末材料あるいはシールドガス（キャリアガス）などの位置ずれによる不具合を低減することができ、バルブシートの品質を向上することができる。

また、従来はシリンダヘッドが回転するために飛散していた粉末材料をシリンダヘッドを固定することで回収可能とすることができる。つまり、粉末材料の歩留まりを向上するとともに、粉末材料の飛散による装置可動部の不具合（故障の原因）を解消することができる。

本発明のレーザクラッド加工方法によれば、バルブシート毎にレーザ加工ヘッドの回転方向を変えてクラッド層を形成することができるので、加工のサイクルタイムを短縮することができる。

### 図面の簡単な説明

図1は、本発明のレーザクラッド加工装置の主要構成を示す斜視図である。1はシリンダヘッド保持手段、2はレーザ加工ヘッド、3は回転手段、4は粉末材料供給手段であり、Hはシリンダヘッドである。図2は、シリンダヘッド保持手段の側面概要図であり、シリンダヘッドHを点線のように傾動することができる。

図3は、レーザ加工ヘッド2の正面概要である。21はレーザ発生手段、22は同軸ノズル、23はレーザの光学系、24は粉末材料Pの供給ホースである。

図4は、レーザ加工ヘッド2の同軸ノズル24の要部を示す一部断面側面図であり、図5は、図4のA-A断面概要図である。212はレーザビーム照射口、213は粉末材料吐出口、216は粉末材料の旋回部、217は粉末材料の整流部である。

図6は、レーザ発生手段としてのレーザダイオードアレイの説明図であり、31はレーザダイオードアレイ、31aはレーザ射出口、33はマイクロレンズ、34は集光レンズである。

図7は、本発明のレーザクラッド加工装置の一実施の形態における粉末材料供給手段の概要を示す説明図である。41は粉体供給機、42は圧力供給装置、43は制御装置、411は、密閉容器、412は供給用ホップ、413は超音波振動送出機（超音波フィーダ）、417は圧力センサ、421は計量ホップ、423はロードセル、428はマスフローコントローラである。

図8は、本発明のレーザ加工方法を説明するバルブシート部の断面模式図である。J（V）はバルブシートの中心軸線、H（K）はレーザ加工ヘッドの軸心線である。図9は、レーザビームの理想的なエネルギー分布を示す図であり、左図は、レーザビームの辺A方向のエネルギー分布であり、右図は辺B方向のエネルギー分布である。図10は、レーザビームのエネルギー分布の一例を示す図である。図11は、図10のレーザビームの傾斜部割合 $\Delta w$ とクラッド層へのアルミニウムの希釈率Cとの関係の一例を示す図である。

図12は、粉末材料の堆積集中を説明する説明図である。Cは粉末材料の集中点であり、粉末材料はガウシアン分布Gをもって加工部位に堆積する。図13は、レーザ加工の双方向性を説明する説明図である。図14は、バルブシートの配列

と断面形状とを示し、パルプシートの加工順序を説明する説明図である。レーザー加工ヘッドを反転しながらレーザー加工を施すことができる。

図15は、粉末材料の堆積中心とレーザービームの照射位置とをオフセットした状態を示す説明図であり、図16は、オフセット量( $\Delta d$ )と粉末材料の歩留まりとの関係の一例を示す図である。また、図17は、レーザービームをオフセットする機構の一例を示す図である。

図18は、キャリアガスの流量 $v$ を制御しない場合の、粉末材料の吐出流量 $s$ と、フィーダ容器(密閉容器)内圧力 $p$ の変化を示す図である。 $q$ は粉末材料の供給量、 $A$ は加工開始点、 $I$ は加工終点である。図19は、キャリアガスの流量 $v$ を制御した場合の、粉末材料の吐出流量 $s$ と、フィーダ容器(密閉容器)内圧力 $p$ の変化を示す図である。

図20は、レーザー出力による粉末材料歩留まりの変化の一例を示す図であり、◆は歩留まりを、また、△○はクラッド層の外観判定を示す。図21は、キャリアガス量による粉末材料歩留まりの変化の一例を示す図である。また、図22は、余肉部内径( $D$ )と粉末材料歩留まりとの関係の一例を示す図である。

図23は、実施例のレーザークラッド加工で形成されたクラッド層の断面を示す模式図であり、 $S$ はクラッド層、 $S'$ は機械加工後の最終形状、 $h$ はアルミ母材である。

図24は、従来技術のレーザー加工方法を説明するパルプシートの断面模式図である。図25は、従来技術のレーザークラッド加工装置の主要構成を示す概要図であり、図26は、同軸ノズル以外の粉末材料供給ノズルの一例を示す模式図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明の実施の一形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、同一符号は同一部分又は相当部分を示すものとする。

#### (レーザークラッド加工装置)

本発明のレーザークラッド加工装置の全体構成を図1の斜視図に示す。



本発明のレーザクラッド加工装置は、シリンダヘッドHのバルブシート部にレーザクラッド加工を行うレーザクラッド加工装置であって、シリンダヘッドHを傾動して保持するシリンダヘッド保持手段1と、加工部位にレーザビームを照射するとともに粉末材料を吐出するレーザ加工ヘッド2と、レーザ加工ヘッド2を鉛直方向に傾斜して保持し鉛直線周りに回転する回転手段3と、レーザ加工ヘッド2に粉末材料を供給する粉末材料供給手段4とから構成されている。

図2は本実施の形態におけるシリンダヘッド保持手段1の側面模式図である。シリンダヘッド保持手段1は、バルブシートの中心軸線が鉛直方向となるようにシリンダヘッドHを傾動する傾動手段11と、シリンダヘッドHを水平面上でX軸方向およびY軸方向に2次元移動可能な水平移動手段12とを備えている。傾動手段11は、吸気バルブシート13中心軸線J1がレーザ加工ヘッドの回転軸Vと平行となる第1の位置（実線で示す）と、排気バルブシート14の中心軸線J2がレーザ加工ヘッドの回転軸Vと平行となる第2の位置（破線で示す）の間で図示しないエアシリンダなどで傾動可能な機構となっている。また、水平移動手段12は、X軸サーボモータ15、及びY軸サーボモータ16などで、傾動手段11とともにシリンダヘッドHを水平方向に移動してバルブシートの中心軸線とレーザ加工ヘッドの回転軸とを一致させることができる。さらに、この水平移動手段は、サーボモータなどにより位置決めするインデックス送りも可能な機構を備えることができる。

レーザ加工ヘッドの概略構成を図3に正面概要図に示した。レーザ加工ヘッド2は、レーザビームを発生するレーザ発生手段21と、レーザビームを通過するとともに、粉末材料を吐出する同軸ノズル22とから構成されている。レーザ発生手段21と同軸ノズル22とはレーザビームを集光する光学系部23を介して一体的に接続されている。同軸ノズル22にはこのノズル部に粉末材料Pを供給する供給ホース24が接続されている。

本実施の形態では、レーザ発生手段21は半導体レーザ発振器を備え、光学系部23にはレーザビームの形状を整えるコリメーションレンズ及び集光レンズとが設けられている。

同軸ノズル22は、レーザビームの照射軸と加工部位へ粉末材料を吐出する吐

出軸とが同一軸で形成されたノズルであり本実施の形態においては図4および図5に示すものである。図4は同軸ノズルの縦断面を、また、図5には図4のA-A断面を示している。

同軸ノズル22は、加工部位Wに対してレーザビームLを照射するとともに加工部位Wのレーザビーム照射部WLに粉末材料を吐出するノズル部210と、このノズル部に粉末材料を供給する複数の材料導入部2A～2Dと、レーザビーム照射部WLにその周囲から粉末材料Pをキャリアガスと共に所定の配分で吐出させるように、各材料導入部2A～2Dによる粉末材料Pの供給量を調整制御する制御手段（図示は略）と、を備えており、同軸ノズル22を、加工部位Wの傾斜に応じて、鉛直方向に対して傾斜した状態でクラッド層を形成することができるようにしたものである。制御手段は、同軸ノズル22の傾斜角度に基づいて各材料導入部2A～2Dによる粉末材料Pの供給量を調整するものである。

同軸ノズル22は、レーザ発生手段21接続される接続部材211と、加工部位Wに対してレーザビームLを照射する照射口212、及び、加工部位Wのレーザビーム照射部WLにその周囲から粉末材料Pをキャリアガスと共に吐出する吐出口213を有するノズル部210とにより構成されている。ノズル部210は、外側ノズル部材214と、この外側ノズル部材214に内嵌される内側ノズル部材215と、によって構成されている。

外側ノズル部材214と内側ノズル部材215との間には、複数の材料導入部2A～2Dが接続されて粉末材料Pがキャリアガスと共に供給されて同軸ノズル22の軸線H周りに旋回させる旋回部216と、旋回部216で所定量旋回した粉末材料Pをキャリアガスと共に同軸ノズル22の軸線Hに沿って整流させる整流部217と、加工部位Wのレーザビーム照射部WLにその周囲から全周にわたって粉末材料Pをキャリアガスと共に吐出させる吐出口213を有する吐出部218と、が連続して形成されている。また、内側ノズル部材215の中心には、照射されるレーザビームLを加工部位Wに向かって通過させる照射口212を有するビーム通路219が形成されている。

図5に示すように、外側ノズル部材214には、この実施の形態の場合、複数の材料導入部として4つの通路2A、2B、2C、2Dが旋回部216の接線方

向に伸びるように、等間隔で穿設されている。旋回部216は、同軸ノズル22の軸線H周りに形成された環状の空間により構成されてなるもので、基端部（上方）から先端部（下方）に向かって漸次縮径するテーパ状に形成されている。この実施の形態における整流部217は、外側ノズル部材214の内周面に突出するように形成された縮径部に旋回部216の底面と吐出部218との間に延びるように形成された複数の穴状の通路により構成されている。吐出部218は、加工部位Wのレーザビーム照射部WLに向かって吐出口213が開口する間隙により構成されている。従って、図4に示すように、加工部位Wに照射されるレーザビームLの光軸と、その周囲から吐出される粉末状材料Pの吐出中心とが一致するように同軸状に設定されている。

このように構成された同軸ノズル22では、キャリアガスによって粉末材料Pが通路2A～2Dを介して旋回部216にその接線方向に導入されると、その導入された各通路2A～2Dから旋回部216を略90度から180度程度旋回してから整流部217に流動することとなる。そして粉末材料Pは同軸ノズル22の軸線Hと平行に形成された整流部217を通過することにより軸線Hと平行に流れるように整流される。その後、粉末材料Pは、吐出口213からパルプシートのレーザビーム照射部WLに向かって周囲から均等に供給されることとなる。

本発明では、同軸ノズル22の軸線Hをパルプシートの傾斜に応じて所定の角度傾斜させた状態で、鉛直方向軸線周りに回転するように駆動される。この場合には、各通路2A～2Dの向きによって旋回部216に導入される粉末材料Pの受ける重力が異なることになる。そのため、吐出口213からレーザビーム照射部WLに向かって周囲から吐出される粉末材料Pの量に偏りが生じることとなり、この偏りは、同軸ノズル22の軸線Hの傾きによって異なる。

そこで本実施の形態においては、同軸ノズル22を鉛直方向に対して傾斜させたときの、旋回部216に粉末材料Pを供給する通路2A～2Dのそれぞれの向きに応じて、整流部217を介して吐出口213からレーザビーム照射部WLに向かって吐出される粉末材料Pの量が均等となるように、通路2A～2Dからキャリアガスにより導入される粉末材料Pの量を変化させ、しかも、その変化の度合いを同軸ノズル22の軸線Hの傾き角に基づいて異ならせるように制御できる

ように構成されている。

したがって、本同軸ノズルを備えたレーザ加工ヘッドを用いることにより、シリンダヘッドを、従来の技術（図24を参照）のように、バルブシートのクラッド層Sを形成する加工部位Wに対する垂直な線が鉛直方向を指向するように、バルブシートの中心軸線Jを傾斜させた状態でテーブルT'に保持することなく、しかも、その中心軸線J周りに回転させる必要がない。そのため、この実施の形態では、シリンダヘッドは、バルブシートの中心軸線Jが鉛直方向となるようにテーブルTに容易に保持することができ、また、レーザ加工ヘッド2を傾斜させて回転させることで、バルブシートの傾斜した円環状の加工部位Wにクラッド層Sを適切かつ容易に形成することができる。

本実施の形態において、レーザビームの照射形状は矩形状であることが望ましい。レーザビームを矩形状に整形する方法は特に限定はなく、一般的なレーザ光をシリンダカルレンズなどを用いて所定レベルのレーザビーム強度がある幅で連続するマルチモード化して照射する方法や、複数のレーザダイオードアレイを配置して所望の形状のレーザビームを整形して照射する方法などを例示することができる。

図6に複数のレーザダイオードアレイを有するレーザ発生手段を模式的に示した。このレーザ発生手段21は、加工部位Wの幅方向にレーザビームを照射できるように複数のレーザダイオードアレイ31を配置して構成されたレーザビーム源32と、加工部位Wの幅方向に応じて整形されたレーザビームLを照射し得るように各レーザダイオードアレイ31を制御する制御手段（図示は省略する）とを備えている。

レーザダイオードアレイ31は、例えば、ガリウム砒素系半導体レーザ素子からなるもので、供給する電流を制御することによりそのビーム強度を調整することができる。そして、各レーザダイオードアレイ31は、その一面には複数のレーザ出射口31aが設けられ、さらに、このレーザ出射口31aが位置する一面にはマイクロレンズ33固着されている。各レーザ出射口31aからは、例えば、長さが100 $\mu$ m程度で、幅が1.0 $\mu$ m程度のレーザビームが出射され、その前方にマイクロレンズ33が設けられていることにより、長さが1cm程度で、

幅が1 mm程度の平行なレーザービームを照射することができる。このレーザービームLは、明確なステップ状のエネルギー分布となるように照射することができ、しかも、安定したレベルに維持することができる。

このようにそれぞれが構成されたレーザーダイオードアレイ31は、図6に示すように、本実施の形態では粉末材料Pの上方に幅方向に配置されてレーザービーム源32を構成する。各レーザービームアレイ31には、制御装置（図示せず）がそれぞれ接続されて、所定の出力でレーザービームを照射することができるように制御された電流が供給される。レーザービーム源32は、供給電流を100%に制御したときに、例えば、総計で4 kW程度の出力のレーザービームLを照射することができるように設定されている。レーザービーム源32と材料粉末Pとの間には、集光レンズ34が介装・配置される。レーザービーム源32、集光レンズ34、及び材料粉末Pの間隔、すなわち焦点距離は、必要に応じて相対的に調整することが可能となっている。堆積された粉末材料Pの幅方向に配置されるレーザーダイオードアレイ31の数は、粉末材料Pに照射されるレーザービームLの幅が少なくとも堆積された粉末材料Pの幅W以上となるように設定されている。

以上のように構成されたレーザービーム発生手段により、安定したエネルギー分布を有する矩形状のレーザービームを得ることができる。

なお、本発明のレーザー加工ヘッドは、レーザーの照射軸に沿って上下に移動可能に設置されており、所望によってシリンダヘッドとの相対距離を調整することができる。

次に、本実施の形態の粉末材料供給手段について説明する。

本発明のレーザークラッド加工装置における粉末材料供給手段は、粉末材料を定量的に所定の流出口へ流動させながらキャリアガスの圧力により流出口から流出させてレーザー加工ヘッドへ圧送供給する手段である。

図7に、本実施の形態における粉末材料供給手段4の概略構成を示す。粉末材料供給手段4は、レーザー加工ヘッド2の同軸ノズル22へ粉末材料Pをキャリアガスにより圧送供給するものであり、粉体供給機41と、粉体供給機41にキャリアガスによる圧力を供給するための圧力供給装置42と、粉体供給機41及び圧力供給装置42を制御するための制御装置43とを備える。

粉体供給機 4 1 は、耐圧型の密閉容器 4 1 1 と、密閉容器 4 1 1 に外付けされた供給用ホップ 4 1 2 と、密閉容器 4 1 1 に密閉収容された超音波振動送出機（以下、超音波フィーダという。） 4 1 3 とを備える。

密閉容器 4 1 1 は、粉体を外部へ流出させるための流出口（図において管継手として示される。） 4 1 4 が設けられる。流出口 4 1 4 は、粉末材料 P をレーザ加工ヘッドの同軸ノズル 2 2 へ導くためのホース 4 1 5 が接続される。また、密閉容器 4 1 1 にはキャリアガスによる圧力を導入するための導入口（図において管継手として示される。） 4 1 6 と、密閉容器 4 1 1 の中の圧力（内圧）を検出するためのセンサ 4 1 7 が設けられる。

補給用ホップ 4 1 2 は、補給用の粉末材料 P を収容するためのものであり、密閉容器 4 1 1 の上側に固定され、その底部に設けられた絞り孔を通じて密閉容器 4 1 1 に連通する。このホップ 4 1 2 の上側は蓋板により密閉される。

密閉容器 4 1 1 の内部には、補給用ホップ 4 1 2 の絞り孔から落下する粉末材料 P を下方へ案内するための案内管 4 1 8 が設けられ、補給用バルブ 4 1 9 によって粉末材料 P の落下が許容・規制される。

密閉容器 4 1 1 と補給用ホップ 4 1 2 との間には、バイパス管 4 2 0 が設けられ、密閉容器 4 1 1 と補給用ホップ 4 1 2 との内圧差を低減することができる。

バルブ機構 4 1 9 の下側には、ブラケットを介して超音波フィーダ 4 1 3 が取り付けられる。超音波フィーダ 4 1 3 は、補給用ホップ 4 1 2 から補給して計量ホップ 4 2 1 に収容された粉末材料 P を、密閉容器 4 1 1 の流出口 4 1 4 へ定量的に流動させるためのものである。この超音波フィーダ 4 1 3 は、超音波振動により粉末材料 P を定量的かつ連続的に流出口 4 1 4 へ送り出すようになっている。

超音波フィーダ 4 1 3 は、超音波モータ 4 2 2、ロードセル 4 2 3、モータ駆動回路 4 2 4、計量ホップ 4 2 1 及び終段ホップ 4 2 5 を備える。

図 7 において、圧力供給装置 4 2 は、キャリアガスを密閉容器 4 1 1 の中に供給することにより、同容器 4 1 1 の流出口 4 1 4 にキャリアガスによる圧力を供給するためのものである。圧力供給装置 4 2 は、キャリアガスの供給源であるポンプ 4 2 6 と、ガスレギュレータ 4 2 7 とマスフローコントローラ 4 2 8 とを備え、それらが配管 4 2 9 により直列に接続される。マスフローコントローラ 4 2

8の出力側は、密閉容器411の導入口416に接続される。キャリアガスは、ガスレギュレータ427で圧力調整された後、マスコントローラ428で所定流量に調整され、導入口416を通じて密閉容器411の中に導入される。

制御装置43は、粉末材料Pをキャリアガスによる圧力により密閉容器411の流出口414から流出させてレーザ加工ヘッド2の同軸ノズル22へ圧送供給するために超音波フィーダ413及び圧力供給装置42を制御するためのものである。この制御装置43には、圧力センサ417、補給用バルブ419、モータ駆動回路424及びマスフローコントローラ428が電氣的に接続される。制御装置43の前面には、各種スイッチを含む操作パネル431や表示器432が設けられている。

以上の構成からなる粉末供給手段を用いることにより、粉末材料を定量的に所定の流出口へ流動させながらキャリアガスの圧力により流出口から流出させてレーザ加工ヘッドへ圧送供給することができる。

#### (レーザクラッド加工方法)

次に、本発明のレーザクラッド加工方法について図面を参照しながら説明する。

本発明のレーザクラッド加工方法は、シリンダヘッドのバルブシート部にクラッド層を形成するレーザクラッド加工方法であって、バルブシートの中心軸線が鉛直方向となるようにシリンダヘッドを傾動して保持し、この鉛直方向に対して傾斜した状態でバルブシートの中心軸線周りに回転しながら、バルブシートの加工部位に粉末材料を供給するとともにレーザビームを照射してクラッド層を形成することを特徴とする加工方法である。

図8はシリンダヘッドのバルブシート部の断面模式図である。まず、シリンダヘッドはバルブシートの中心軸線Jが鉛直方向VとなるようにテーブルTによって保持される。レーザ加工ヘッドの軸心線Hを加工部位WLに対して垂直方向(K軸)に一致させ、バルブシートの中心軸線J周りに回転しながら粉末材料Pを加工部位WLへ吐出し、レーザビームLを照射してクラッド層Sを形成する。

本発明のレーザクラッド加工方法において、加工部位に照射されるレーザビームは、矩形状であることが望ましい。レーザ発振器から出射されるレーザビームは、レーザ加工ヘッドの同軸ノズルによってバルブシートの加工部位へ吐出され

た粉末材料の集中点付近で矩形状になるように集光されることが好ましい。このとき、レンズなどの光学系はレーザービームの矩形の一边（加工進行方向に直交する側の辺で、以降、辺Aと称する。なお、辺Aに隣接する辺を辺Bと称する。）がパルプシートの幅方向に合わせた長さとなるように設計されている。

レーザービームのエネルギー分布は、図9に示すような長方形であることが望ましい。図9で縦軸はレーザービームの照射エネルギーの強さを表し、左図はレーザービームの辺A方向のエネルギー分布であり、右図は辺B方向のエネルギー分布を示す。つまり、レーザービームの照射面の形状は辺Aと辺Bとからなる長方形であり、また、そのエネルギー分布もパルプシートの幅方向に均一であることが望ましい。

図10に矩形状ビームのエネルギー分布の一例を示す。この例では、パルプシートの肉盛幅に対して中央部がほぼ平坦で左右が傾斜した台形状のエネルギー分布を示している。この傾斜部分が大きい、つまりビームの幅方向中央部の照射エネルギーが側縁部に比べて高いエネルギー分布のレーザービームでは、加工部位の中央部で入熱量が多くなるために幅方向中央部でクラッド層へのアルミの希釈濃度が高くなり、クラックの発生や耐摩耗性の低下といった不具合を生じることがある。

クラッド層へのアルミの希釈濃度は傾斜部が大きくなるにつれて増加する。ここで、図10の $\Delta w$ で示す傾斜部の大きさを以下のように定義する。

図10の左図で平坦部（中央部）のエネルギー強さを $e$ とするとレーザービームのエネルギー分布は下底（ $f g$ ）を $w$ 、上底（ $h i$ ）を $w_1$ 、高さを $e$ とする台形（ $f g h i$ ）である。ここでエネルギー強さ $e$ を100%とした場合に、その90%のエネルギーレベルを $e_1$ 、また、10%のエネルギーレベルを $e_2$ として、斜辺 $f i$ と $e_1$ および $e_2$ との交点のX座標をそれぞれ $x_1$ 、 $x_2$ とし、斜辺 $g h$ との交点を $x_3$ 、 $x_4$ とする。ここで傾斜部の大きさ $\Delta w$ を、 $\Delta w_1 = x_1 - x_2$ 、 $\Delta w_2 = x_4 - x_3$ と定義する。

クラッド層のアルミの希釈濃度（C%）は、図11に示すようにこの傾斜部の大きさの割合： $\Delta w\%$ （ $\Delta w/w \times 100$ ）の増加とともに急激に増加し、 $\Delta w\%$ が25%を越えると、アルミの希釈濃度（C%）はクラッド層に対して5重量%を越えることになる。アルミの希釈濃度（C%）が5重量%を越えると、クラックの発生や耐摩耗性の低下の危険性が急激に増加する。従って、レーザービーム



の傾斜部の大きさの割合 $\Delta w\%$ は25%未満であることが望ましい。

本発明の同軸ノズルを有するレーザ加工ヘッドにおいては、図12のように粉末材料Pはノズル22の内部で整流されて先端の吐出口213からノズルの軸心上の一点Cに集中するように吐出される。このため、粉末材料は、図12の斜線で示すような軸対称なガウシアン分布Gを持って加工部位に堆積される。ここで、矩形状のレーザビームLの辺Aの長さDを直径とする円内（例えばA1）への集中度を高めることにより、粉末材料の歩留まりを向上させることができる。これは、粉末材料の集中した部分ではレーザビームを多重反射する度合いが多く従って照射されたレーザビームを多く吸収して加熱されやすいからである。

しかし、粉末材料の集中度が円A2のように高すぎて、レーザビームLの辺Aの長さDよりも小さい場合には、材料粉末Pが供給されていない部分Bでは、レーザビームLが照射されることによって母材のアルミニウムの溶融を促進し、クラッド層の品質が低下する。このため、粉末材料Pの集中度はDを直径とする円内に90～100%未満とすることが望ましい。

なお、円A2のように粉末材料Pの集中度が高い場合には、レーザビームLの焦点を粉末材料Pの集中点Cから上下にずらせて粉末材料Pの溶融が最適となるようにレーザ加工ヘッドとシリンダヘッドとの相対距離を調整してもよい。

本発明のレーザ加工ヘッドは、レーザビームを発生する半導体レーザ発生手段と同軸ノズルとが一体的に接続された構成となっている。従って、バルブシートの加工部位に沿って、レーザ加工ヘッドを鉛直線周りに一方向へ無限回転することは不可能である。このため、一箇所のバルブシートをレーザ加工して、次のバルブシートのレーザ加工を行う場合には、レーザ加工ヘッドを予め初期の位置に反転（巻き戻し）しておくことが考えられる。しかし、この巻き戻し操作は、生産性を阻害するばかりでなく設備の耐久性をも低下させるので望ましいことではない。

本発明のレーザクラッド加工装置にあつては、図13のようにレーザビームLと堆積された粉末材料Pとの位置関係は、加工の進行方向によって変化はなく常にレーザビームの照射の中心は粉末材料の堆積中心Cと一致している。

すなわち、本発明のレーザクラッド加工方法によれば、従来技術では不可能であ

ったクラッド加工の加工進行方向を前進後退自在とすることができる。従って、本発明のこの特徴を活用すれば、一箇所のバルブシートをレーザ加工して、次のバルブシートのレーザ加工を行う場合に、レーザ加工ヘッドを反転しながらレーザ加工を施すことができるので、巻き戻し操作のみを行う無駄を排除することができる。

例えば、図14のバルブシートB1をレーザ加工して、引き続いてバルブシートB2にレーザ加工を施す場合には、バルブシートB1のS1点から矢印に沿って時計回りにレーザ加工し、始点終点における肉盛り量の低下を補うためにS1点を超えてE1点まで加工してバルブシートB1の加工を終える。次に、そのままの姿勢で、シリンダヘッドを水平移動してバルブシートB2の始点S2から終点E2までを反時計回りにレーザ加工を施す。このことにより、バルブシートのレーザ加工毎に要するレーザ加工ヘッドの巻き戻し操作は必要なく、生産性を向上することができる。

ここで、バルブシートへのクラッド加工を始点S1から開始し、終点E1で終了したのは以下の理由による。一般的にシリンダヘッドは1気筒4バルブが主流であり、バルブシートの配列は、図14の上図に示すように線F-Fに対して線対称となっている。また、排気側バルブシートと吸気側バルブシートの中心を通るE-E断面は、図14の下図に示すようにプラグ側の素材が薄く壁側の素材は厚くなっている。従って、壁側からレーザ加工を開始すると壁側の素材が厚いのでこの部分でのレーザ加工は、通常よりはレーザ出力を高くしないと素材への熱の放散が大きく所望のクラッド層を形成することができない。一方、そのままの高い出力でプラグ側の加工を行うと、プラグ側は素材が薄いために素材への熱の放散が少なく、加工部位は過熱されアルミ母相の希釈が過剰になる等の不具合を生じることがある。このため、形成されたクラッド層の品質が安定しないことになる。しかし、レーザ加工をプラグ側から行えば、プラグ側は素材が薄いので通常のレーザ出力でクラッド加工を行うことができる。そしてこのクラッド加工の熱伝導により壁側の素材も予熱された状態となる。従って、壁側をレーザ加工する時にはレーザ出力を通常のまま維持すれば良好なクラッド層が得られる。つまり、プラグ側からレーザ加工を開始することにより、常に定常出力でクラッド加

工することができるわけである。

従来のレーザクラッド加工方法においては、加工の進行方向に対して粉末材料を加工部位に供給してからレーザ光が照射され粉末材料が熔融される構成となっている。つまり、加工の進行方向に対して粉末材料の堆積中心よりも手前にレーザビームを照射する位置関係となっている。このことにより、加工方向に対して進行方向に供給される粉末材料は、すでにレーザビームで熔融された粉末材料の熔融プールに取り込まれやすいので、粉末材料について高い歩留まりを得ることができる。

この特性は、本発明のレーザクラッド加工方法にも適用することができる。本発明のレーザ加工ヘッドでは、同軸ノズルを用いることにより、粉体材料の堆積中心とレーザ照射位置とを一致させることができる。このため、前記のように加工方向を前後自在に変化させることができるので、加工方向に応じてノズルから出射されるレーザビームの中心と粉末材料の堆積中心とを図15のように所定量ずらせる（オフセットさせる）ことにより粉末材料の熔融プールへの取り込みを増加させ、粉末材料の歩留まりをさらに一層向上させることができる。例えば、図15のように加工進行方向（矢印）に対して粉体材料Pの体積中心Cを通る線Gよりもレーザビームの中心線Iが $\Delta d$ だけ手前になるようにレーザビームLを照射する。ここで、 $\Delta d$ が所定のオフセット量である。

図16にオフセット量（ $\Delta d$ ）と粉末材料の歩留まり（R）との関係の一例を模式的に示した。粉末材料の歩留まりは、 $R = \text{肉盛り重量} / \text{供給粉末量} \times 100$ （%）とした。0は粉末材料の堆積中心とレーザビームの照射位置とが一致した場合であり、レーザ照射位置よりも粉末材料の堆積中心が加工の進行方向にある場合を+、レーザ照射位置よりも粉末材料の堆積中心が加工の進行方向に対して後ろにある場合を-とした。この例では、レーザ照射位置よりも粉末材料の堆積中心が1mm加工の進行方向にある場合に最も歩留まりが高くなった。このようにオフセットすることでレーザの照射位置と粉末材料の体積中心が一致している場合に比べて粉末材料の歩留まりを約10ポイント向上させることができた。

以上のように、レーザビームの照射位置と粉末材料の堆積中心とをオフセットするためには、例えば、図1.7のようにレーザ加工ヘッドの光学系の中で、レン

ズ34をノズル22に対して水平にスライドさせる機構を備えることでノズルの軸心線（粉末材料の堆積中心を通る）とレーザービームの照射位置とをオフセットすることができる。

次に、本実施の形態の粉末材料の供給方法について説明する。

パルプシートのレーザー加工時間はパルプシート1個につき約5秒と極めて短時間である。この短時間に粉末材料供給手段から一定量の粉末材料を同軸ノズルを介して加工部位へ安定供給しなければならない。このため、本実施の形態においては、前記した図7の粉末材料供給手段としている。この粉末材料供給手段により、一定量の粉末材料を安定して加工部位に供給することができる。

図7の粉末材料供給手段の作用の概要を以下に説明する。なお、この一連の作用は、本供給手段の制御装置のコンピュータによりプログラムに沿って行われる。

まず、供給始動スイッチをON操作すると、単位時間当たり所定量のキャリアガスが密閉容器411の中に導入され始め、密閉容器411の内圧が上昇し始める。その後、計量ホッパ421に所定量の粉末材料Pがないときのみ、補給用バルブ419を開いて補給用ホッパ412から案内管418を通じて粉末材料Pを計量ホッパ421に投入する。計量ホッパ421の粉末材料Pが所定量に達したら補給用バルブ419を閉じて粉末材料Pの投入を停止する。

つぎに、超音波フィーダ413をONさせて粉末材料Pの供給を開始する。これにより、キャリアガスの圧力で密閉容器411の流出口414から粉末材料Pが流出し始め、キャリアガスと共にホース415を通じてレーザー加工ヘッドの同軸ノズルへ圧送供給され、パルプシートの加工部位にレーザークラッド加工が開始される。

所定時間経過後に、停止スイッチをON操作する。これによりキャリアガスの流量は低下し始める。さらに所定時間経過後、超音波フィーダ413をOFFさせて粉末材料Pの供給を停止する。そして、引き続きキャリアガスの流量を所定時間かけて徐々に低下させた後、マスフローコントローラ428をOFFさせる。これにより、超音波フィーダ413からの粉末材料Pの送り出しが停止した前後から、密閉容器411の内圧が徐々に低下し、やがて零に落ちる。

つまり、この実施の形態の粉体供給装置においては、粉末材料Pを定量的に流

出口 4 1 4 へ流動させながらキャリアガスによる圧力により流出口 4 1 4 から流出させてレーザ加工ヘッドへ圧送供給するようにした粉体供給方法が行われる。そして、この方法において、粉末材料 P の圧送供給を停止させるときに、まず、粉末材料 P の流動を停止させ、その流動停止直前からキャリアガスによる圧力を所定時間かけて所定値（ここでは零）へ向けて徐々に低下させている。

従って、粉末材料 P の流動停止に際して、キャリアガスによる圧力が急激に低下することがないので、粉末材料 P に与えられる圧力が最後まで安定的に変化することとなり、粉末材料 P が流出口 4 1 4 から定量的に流出するようになる。このため粉末材料 P が、ホース 4 1 5 の途中に残ることがなくなる。この結果、次回、粉末材料 P の供給を再開させたときに、同軸ノズルに対する最初の粉体供給量が不安定に変動することがなくなる。このことから、再開時の粉体供給量を管理するために、ホース 4 1 5 の中に残る粉体を事前に排出させる必要がなく、粉体に無駄が生じることもなくなる。つまり、レーザ加工ヘッドの同軸ノズルへの粉体の供給再開時に、粉末材料 P を無駄なく安定的に供給することができるようになる。

以上の作用で密閉容器 4 1 1 へのキャリアガスの供給量 ( $v$ ) と、流出口 4 1 4 から供給される粉末材料の供給量 ( $q$ ) と、密閉容器内の圧力 ( $p$ ) と、同軸ノズルからの粉末材料の吐出流速 ( $s$ ) との時間的な変化を図 1 8 に模式的に示した。この粉末材料供給方法では同軸ノズルからの粉末材料の吐出流速 ( $s$ ) がバルブシートの加工始点 (ア) 付近で低く、一方加工終点 (イ) 付近では高くなっている。これは、キャリアガスの供給と粉末材料の供給とにより、供給ホース内が多少閉塞状態となるために密閉容器内の圧力が徐々に上昇するが、キャリアガスを供給したまま粉末材料の供給を停止すると、この閉塞状態が開放されるときに密閉容器内の高くなった圧力に押されて粉末材料が吐出されるからである。

つまり、加工中のフィーダからの粉末材料の供給量は一定であるが、クラッド加工の開始点 (ア) では実際に吐出される粉体材料の量が少ないのでクラッド層の厚さは薄くなり、クラッド加工の終了点 (イ) では吐出される粉体材料が増加するのでクラッド層の厚さは厚いものとなる。従って、この間をオーバーラップさせることにより均一な厚さの肉盛り層を得るようになっている。

ここで、密閉容器 4 1 1 に取り付けられた圧力計 4 1 7 で粉末材料供給中の圧力が一定となるように密閉容器 4 1 1 へのキャリアガスの供給量を制御することにより同軸ノズルの吐出口での粉末材料 P の吐出流速を安定化することができる。

すなわち、図 1 9 に示すように、定常時のガス供給量  $v$  に比べて超音波フィーダから粉体材料を供給開始する直前までキャリアガスの流量を  $v$  に増加させて、事前に粉体材料とキャリアガスとが定常状態で供給されて飽和しているときの容器圧力  $p$  と同一の圧力にしておく。その後、フィーダから粉末材料の供給開始（0 秒）の前後で所定の定常流量  $v$  まで低減させてクラッド加工を行う。そして、フィーダからの粉末材料供給を停止する（5 秒）直前（約 0.5 秒）に密閉容器近傍に取り付けたリークバルブ 4 3 3 を開放して密閉容器内を大気圧とする。このことによりノズル吐出口での粉末材料の流速を一定に保つことができ、クラッド加工中の粉末材料の吐出量を安定化することができる。従って、従来のようなオーバーラップを形成する必要がなくなり、生産性はさらに向上する。また、余計なオーバーラップ部分がなくなるので、バルブシートは全周に亘ってクラッド層が均一となり、安定した品質を得ることができる。

粉末材料の歩留は適切なレーザクラッド加工条件を選択することによりさらに向上することができる。

例えば、レーザ出力が高いほど粉末材料への入熱は高くなるので、ある出力値までは粉末材料の歩留まりは向上する。しかし、粉末材料の歩留まりはあるところで飽和するので、レーザ出力は飽和点に設定するのが望ましい。図 2 0 にレーザ出力と粉末材料の歩留まりとの関係の一例を示す。内径  $D$ （後述する）は 19 mm、ガス流量を 16 L/min とした。図中◆はレーザビームの出力と歩留まりとの関係を示し、△と○は各条件で形成されたクラッド層の外観を目視判定した結果である。△は熔融が不十分のため所定の幅と高さを有するクラッド層が得られていない、○は目視的に問題のない外観のクラッド層である。図 2 0 から、レーザ出力が 2.6 kW までは歩留まりは上昇するが、それ以上出力を上げても粉末材料の歩留まりは増加していないことが分かる。つまり、この場合のレーザ出力は、2.6 kW とすることが好ましい。

また、キャリアガス量が多すぎると粉末材料はレーザビームに晒されても熔融

する前に飛散してしまい、粉末材料の歩留まりは低下する。従って、キャリアガス量は歩留りが下降する直前の値とすることが望ましい。レーザ出力を一定（2.6 kw）としてキャリアガス量による粉末材料の歩留まり変化の一例を図21に示す。キャリアガス量が10 L/minまでは粉末材料の歩留まりは変化しないが、この値を超えると歩留まりは急激に低下し始める。従って、この場合のキャリアガス量は10 L/minとするのが適当である。

バルブシートに形成されるアルミ面は所定の形状に機械加工されている。この時、内径側余肉が多いほど（図22の右図で内径Dが小さいほど）粉末材料を逃がさずに堆積させることができるので粉末材料の歩留まりは向上する。この内径とクラッド層Sを形成する粉末材料の歩留まりとの関係の一例を図22に示す。歩留まりは、内径Dの増加に従って低下しており、この場合の内径Dは、9 mmとすることが望ましい。

次に、図1に示す構成を有するレーザクラッド加工装置を用いてシリンダヘッドHの8個の吸気側バルブシートにレーザクラッド加工を施した実施例について具体的に説明する。

レーザクラッド加工装置の主な仕様は、レーザ：3 kw半導体レーザ、波長：940 nm、同軸ノズル：F h G製K o a xシリーズ、レーザ加工ヘッド傾斜角度：鉛直に対して30度、レーザ加工ヘッドの回転：正転逆転420度（オーバーラップ60度）、レーザ加工時間：7秒/シートであった。

また、8個の吸気側バルブシートをレーザ加工する主な加工条件は、加工速度：1 m/min、レーザ出力：2.6 kw、粉末材料供給速度：1 g/s、粉末材料の種類：Cu L S 50（銅系粉末）、キャリアガス（窒素ガス）量：10 L/min、バルブシートの形状（図22右図）： $\phi G$ ：30 mm、 $\phi D$ ：9 mmであった。

以上のレーザクラッド加工によって得られたクラッド層の断面を図23に模式的に示す。シリンダヘッドのアルミ母材hの上にクラッド層Sが形成されている。点線S'はバルブシートの機械加工後の最終形状である。未溶着部やピンホール欠陥等が認められず断面形状も滑らかな形状であり、問題ないことが分かった。

なお、確認のためエンジン耐久性試験（180時間連続高速運転）を実施した。

バルブシートの摩耗量やバルブ摩耗量など全ての評価項目で従来品と変わりなく良好な結果が得られた。

なお、本発明は前期の実施の形態に限定されるものではなく、発明の主旨を逸脱することのない範囲で変更して実施することができる。

例えば、シリンダヘッドを保持手段へ搬入したり加工後のシリンダヘッドを搬出する機構は簡単なもので対応できる。また、レーザ加工ヘッドを回転手段ごと移動させて並べて置かれた複数個のシリンダヘッドを順次レーザ加工する機構とすることもできる。このような機構とすれば、シリンダヘッドの保持手段は傾動手段のみ有すればよい。

また、本実施の形態では、粉末材料の供給にレーザビームとの同軸ノズルを用いているが、前記のようにビームの辺Aの長さDを直径とする円内へ粉末材料を集中して供給できれば同軸ノズルに限定することはない。例えば、図26に示すようなスリット状のノズルを2個側面又は上下に配置してもよい。

#### 産業上の利用可能性

以上のように、本発明によるレーザクラッド加工装置は、シリンダヘッドのバルブシート部のクラッド加工に好適である。



## 請 求 の 範 囲

1. シリンダヘッドのバルブシート部にレーザクラッド加工を行うレーザクラッド加工装置であって、

前記バルブシートの中心軸線が鉛直方向となるようにシリンダヘッドを傾動して保持するシリンダヘッド保持手段と、

前記バルブシートの加工部位にレーザビームを照射するとともに、該加工部位に粉末材料を吐出するレーザ加工ヘッドと、

前記レーザ加工ヘッドを前記鉛直方向に対して傾斜した状態で前記バルブシートの中心軸線周りに回転する回転手段と、

前記レーザ加工ヘッドに粉末材料を供給する粉末材料供給手段と、  
を有することを特徴とするレーザクラッド加工装置。

2. 前記シリンダヘッド保持手段は、該シリンダヘッドを吸気バルブシートの中心軸線が鉛直線に平行となる第1の位置と、排気バルブシートの中心軸線が鉛直線に平行となる第2の位置との2つの位置に傾動させる傾動手段と、該シリンダヘッドを水平面上でX軸方向と該X軸に直交するY軸方向とに移動させる水平移動手段と、を備える請求の範囲第1項に記載のレーザクラッド加工装置。

3. 前記レーザ加工ヘッドは、前記レーザビームを発生するレーザビーム発生手段と、該レーザビームを通過するとともに前記粉末材料を吐出する同軸ノズルと、を有する請求の範囲第1項に記載のレーザクラッド加工装置。

4. 前記レーザビーム発生手段は、複数のレーザダイオードアレイを配置し前記バルブシート部の幅方向に応じて該レーザダイオードアレイを制御して前記レーザビームを整形する請求の範囲第3項に記載のレーザクラッド加工装置。

5. 前記粉末供給手段は、前記粉末材料を定量的に所定の流出口へ流動させながらキャリアガスの圧力により該流出口から流出させて前記レーザ加工ヘッドへ圧送供給する請求の範囲第1項に記載のレーザクラッド加工装置。

6. シリンダヘッドのバルブシート部にレーザクラッド加工を行うレーザクラッド加工方法であって、

前記パルプシートの中心軸線が鉛直方向となるようにシリンダヘッドを傾動して保持し、レーザ加工ヘッドを鉛直方向対して傾斜した状態で保持し前記パルプシートの中心軸線周りに回転しながら前記パルプシート部に沿って粉末材料を供給するとともに、レーザビームを照射してレーザクラッド加工を行うことを特徴とするレーザクラッド加工方法。

7. 前記レーザビームの形状が矩形状である請求の範囲第6項に記載のレーザクラッド加工方法。

8. 前記レーザ加工ヘッドを前記パルプシート部に沿って正転及び反転させる請求の範囲第6項に記載のレーザクラッド加工方法。

9. 前記粉末材料を前記矩形状のレーザビームの加工進行方向に直交する辺を直径とする円内に集中して堆積するように吐出する請求の範囲第6項に記載のレーザクラッド加工方法。

10. レーザ加工の進行方向に対して前記粉末材料の堆積中心よりも所定量手前に前記レーザビームを照射して該粉末材料を溶融する請求の範囲第6項に記載のレーザクラッド加工方法。

11. 前記粉末材料の圧送供給を停止させるとき、前記粉末材料の流動を停止させ、該流動停止時又は該流動停止直前から前記キャリアガスによる圧力を所定時間かけて所定値へ向けて低下させる請求の範囲第6項に記載のレーザクラッド加工方法。

12. 前記粉末材料を圧送供給する前に前記キャリアガスの流量を増加させ前記粉末材料の流動開始直前に減少させて定常流量とし該流動停止直前に該キャリアガスを大気開放するように制御する請求の範囲第6項に記載のレーザクラッド加工方法。

図 1

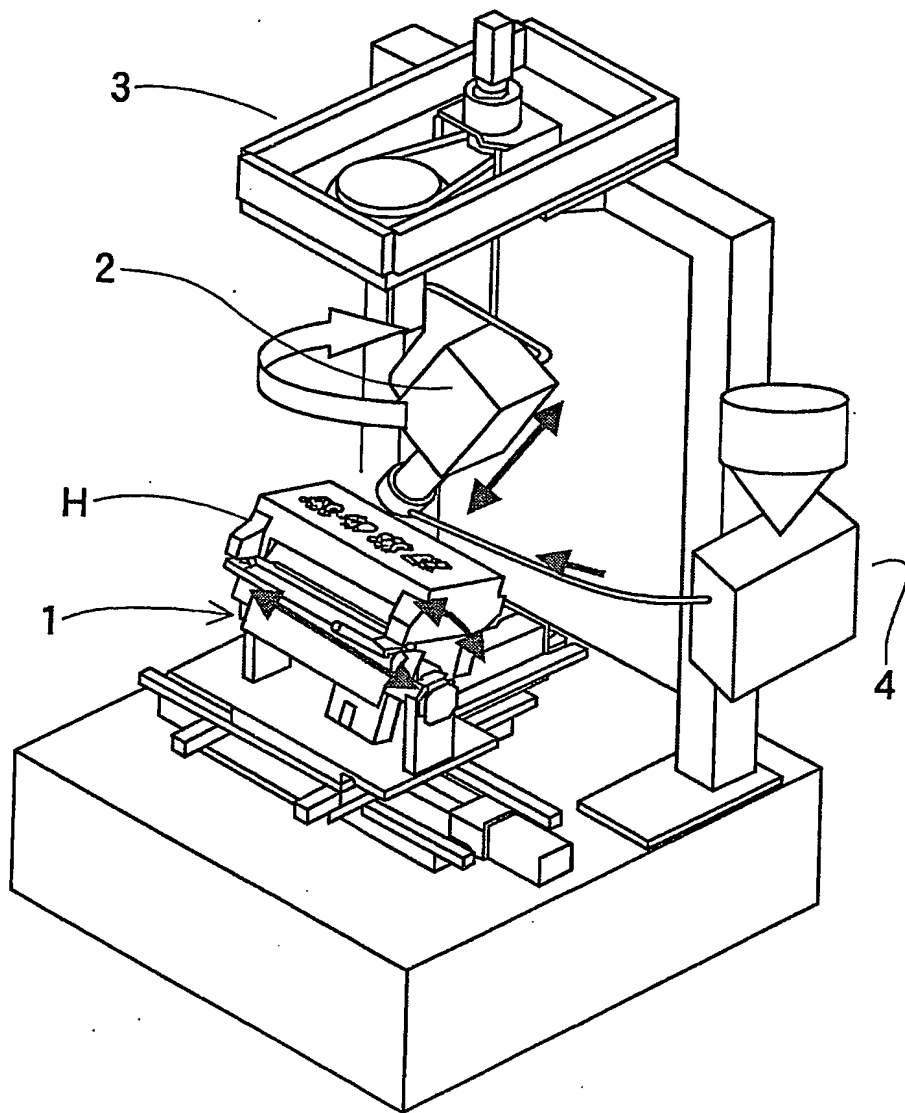


図 2

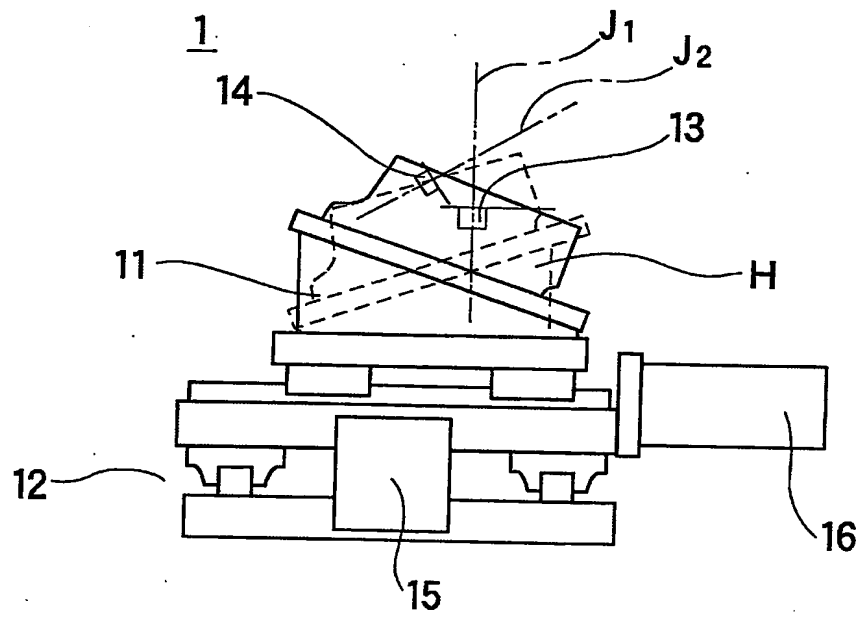


図 3

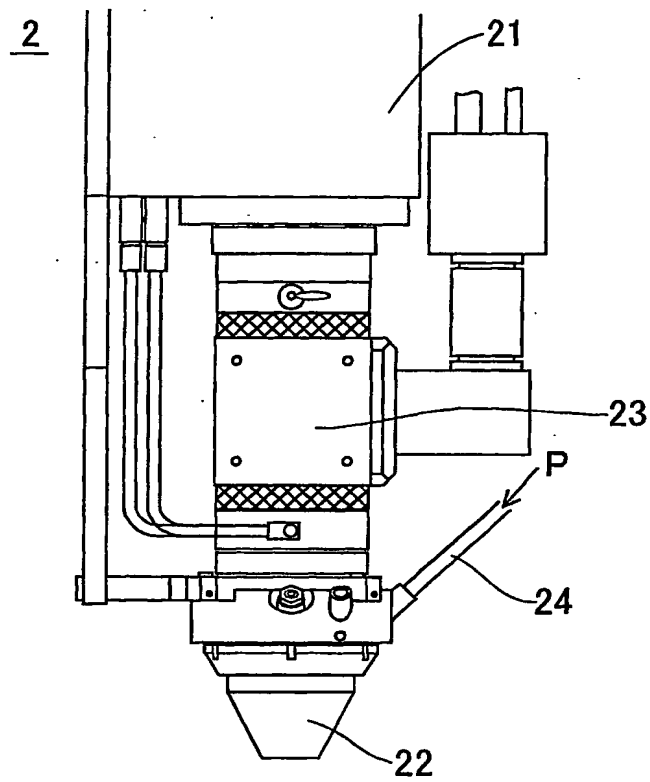




図 5

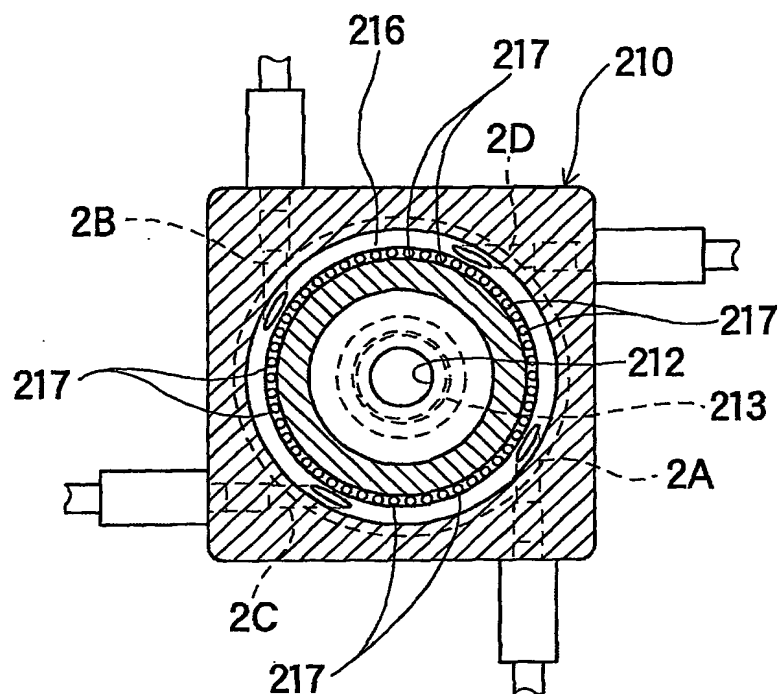


図 6

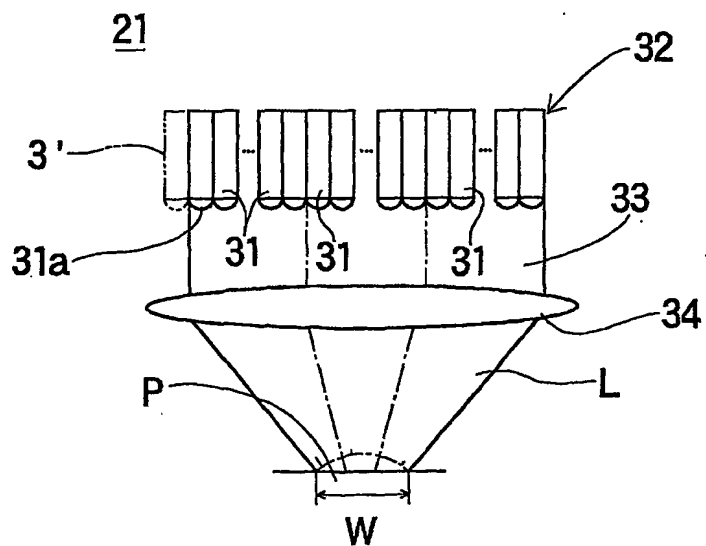


図 7

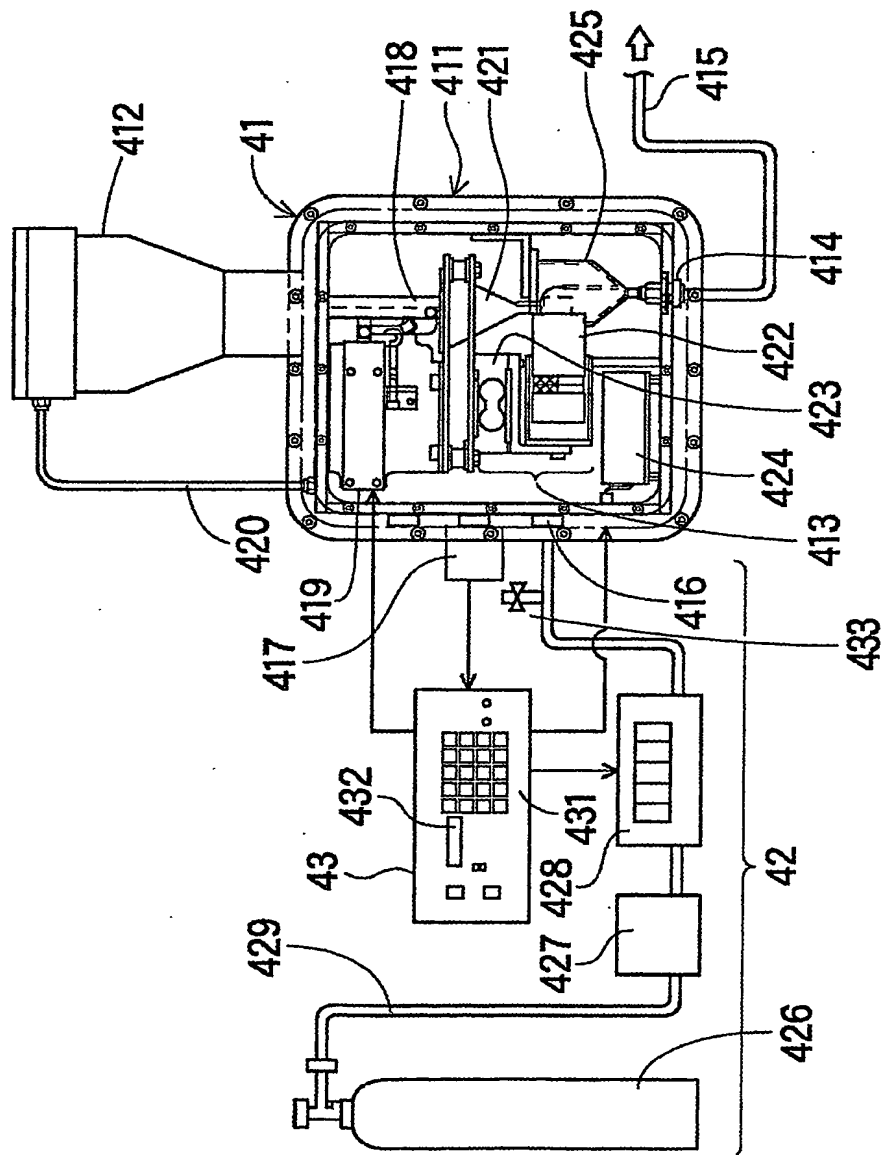




図 8

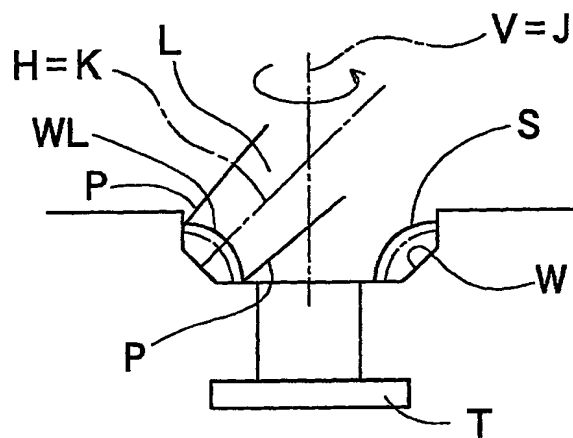


図 9

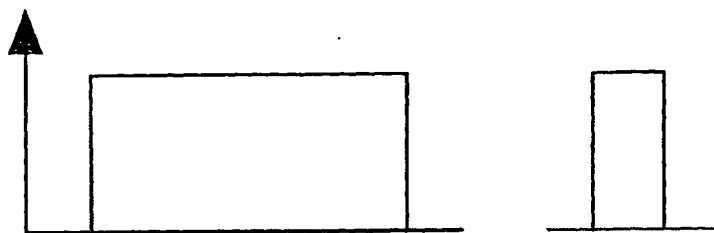


図10

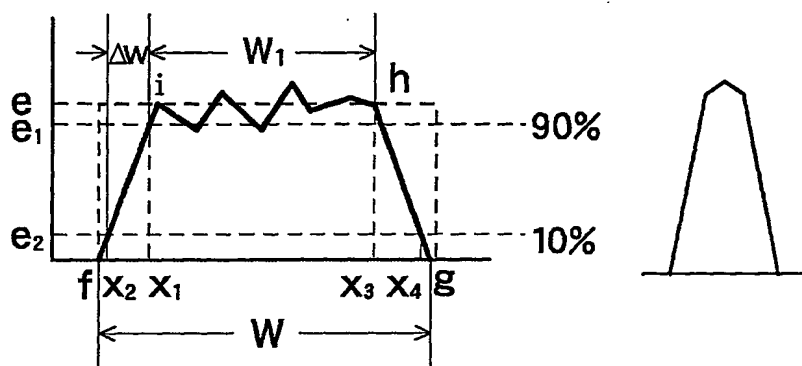


図11

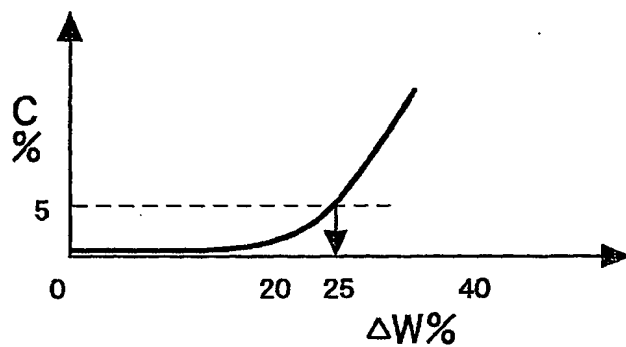


図12

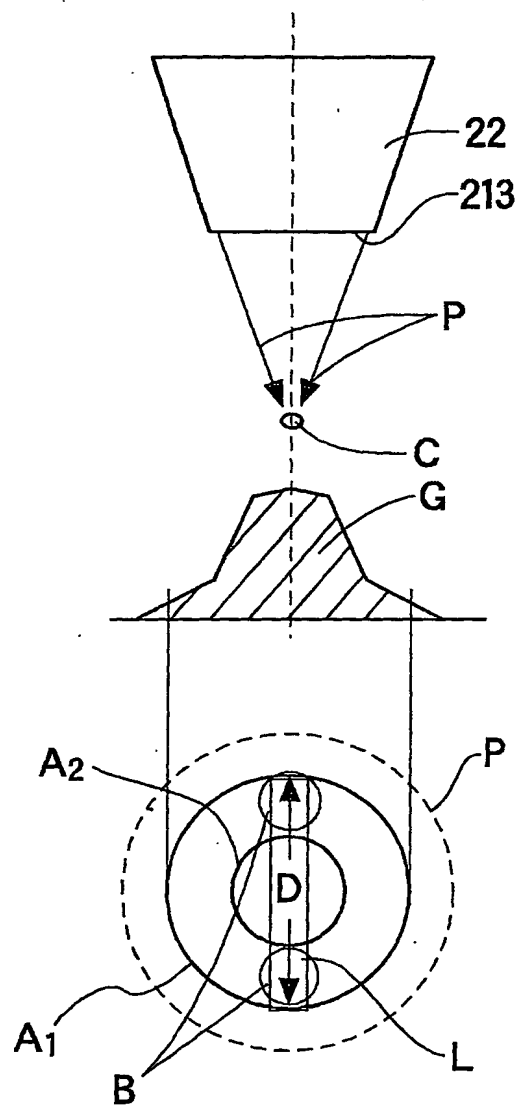


図13

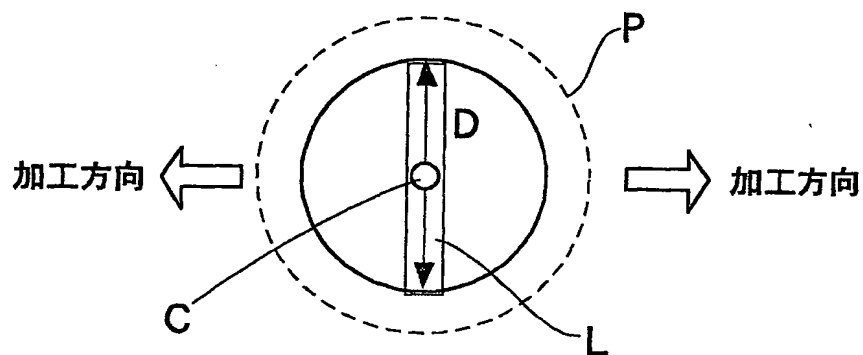


図14

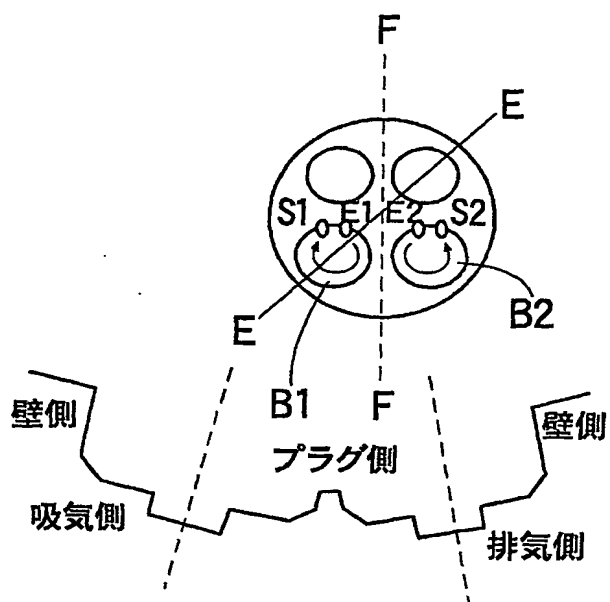


図15

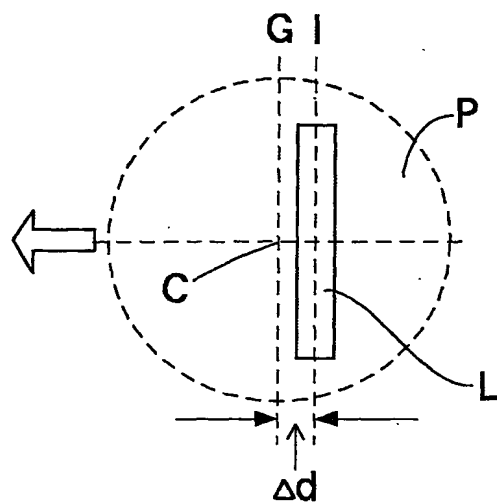


図16

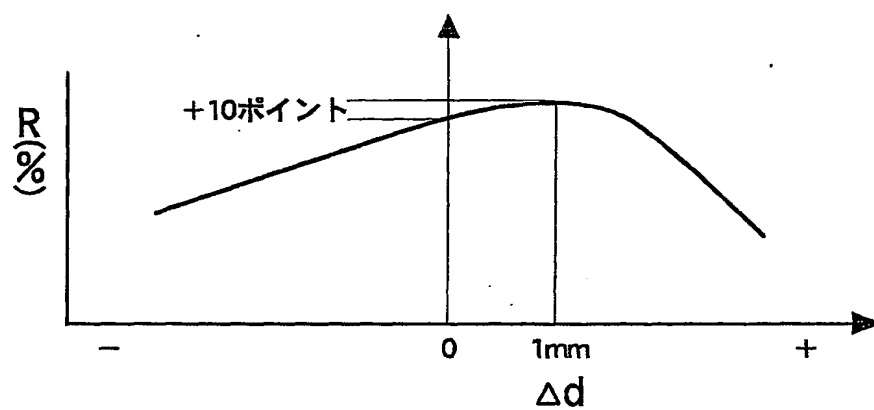


図17

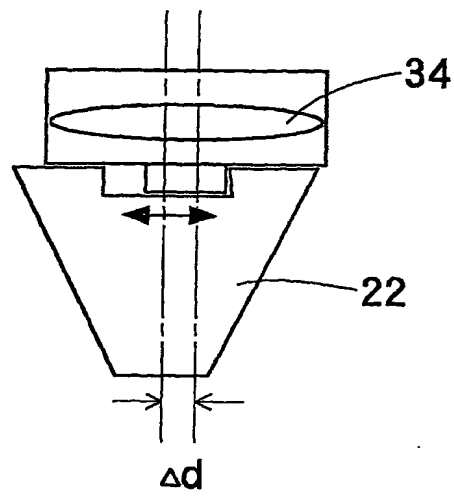


図18

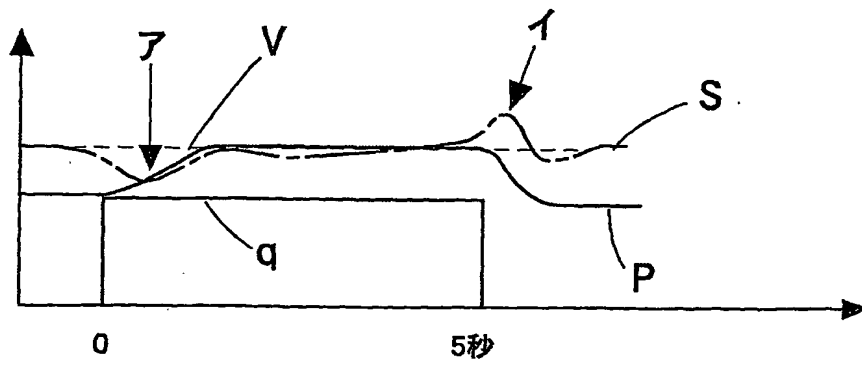


図19

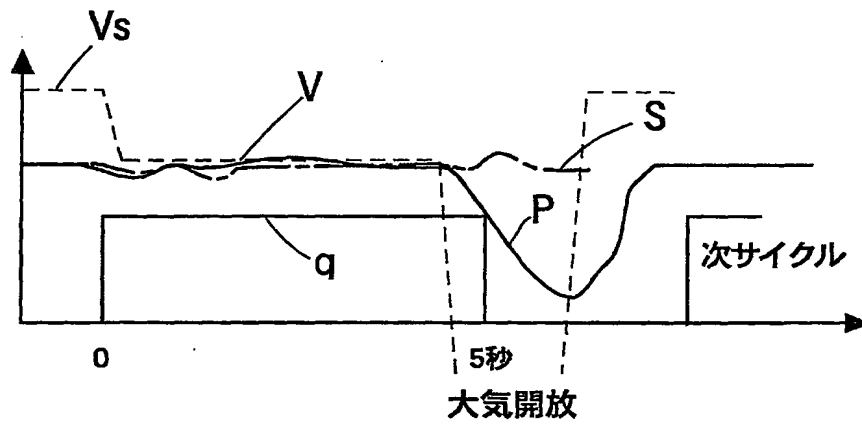


図20

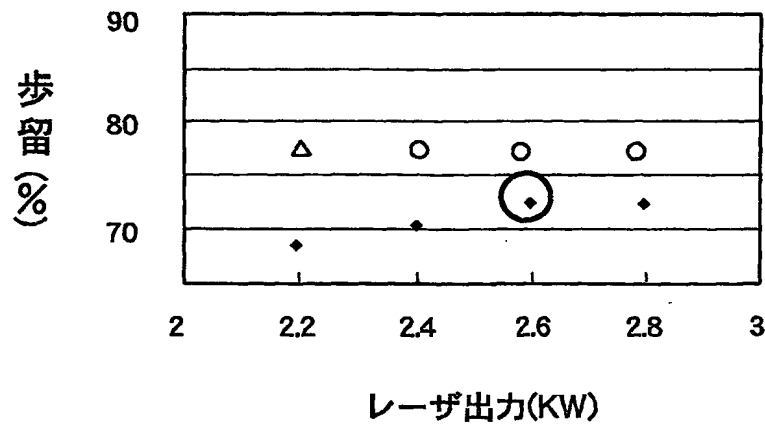


図21

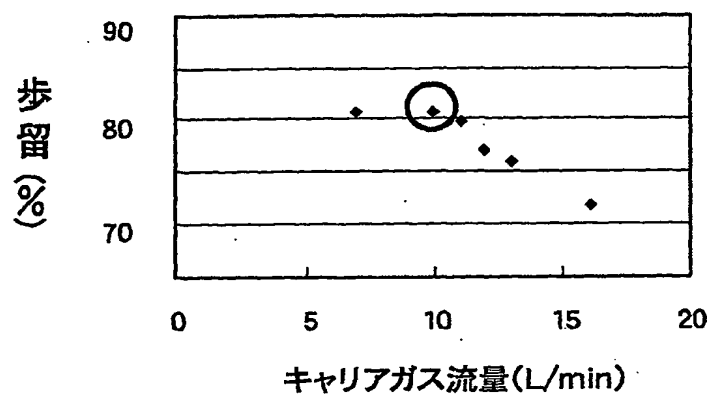


図22

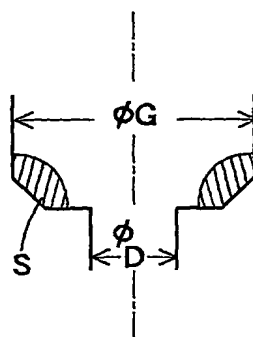
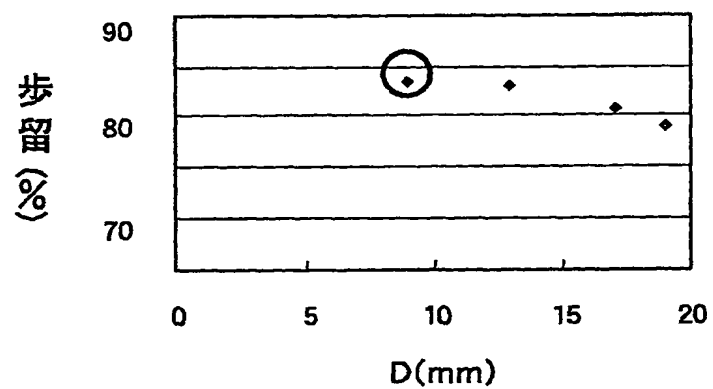




図23

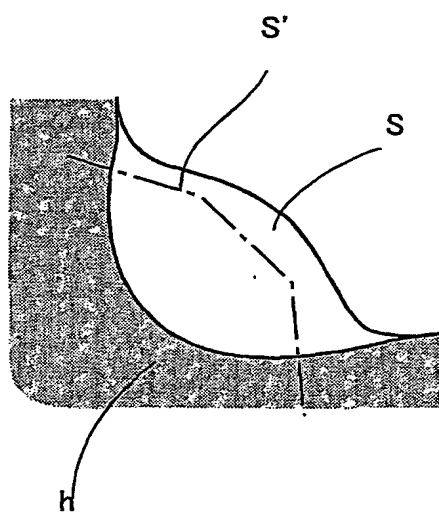


図24

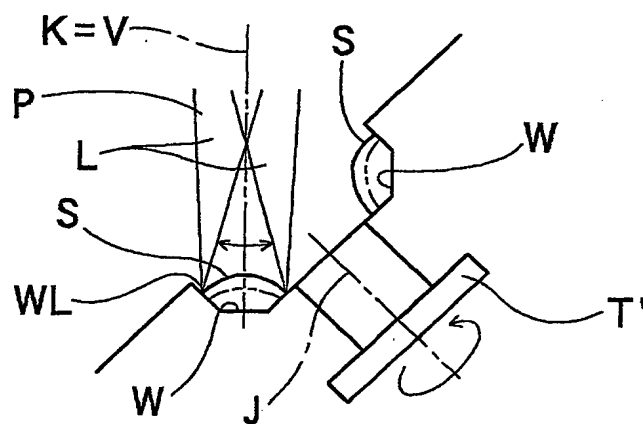


図 25

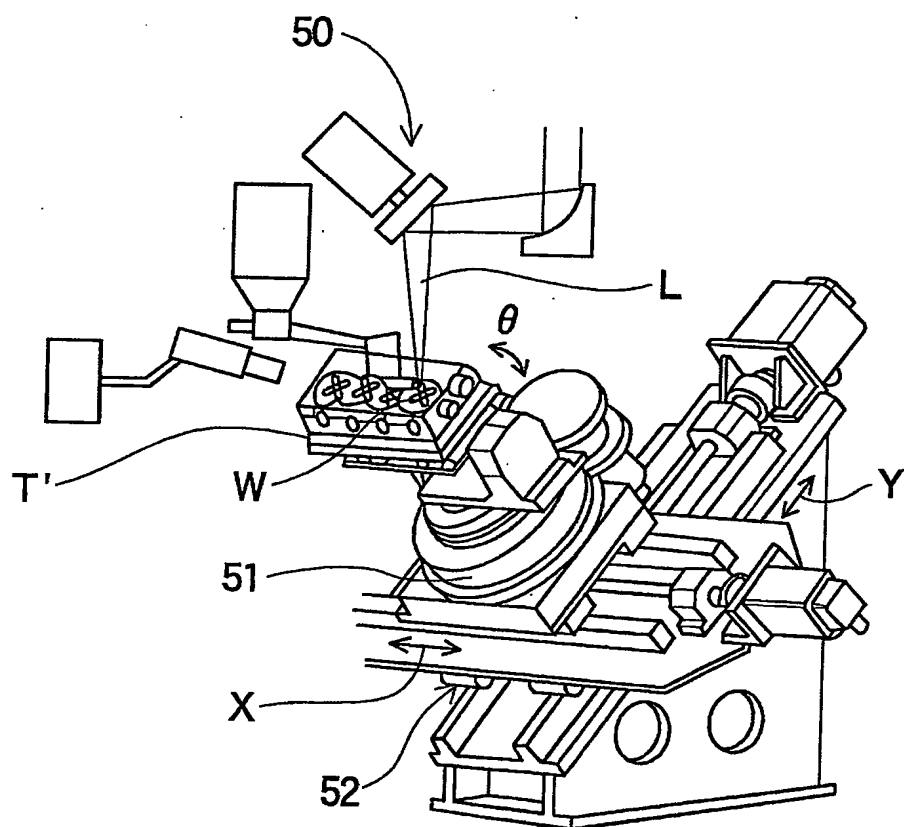
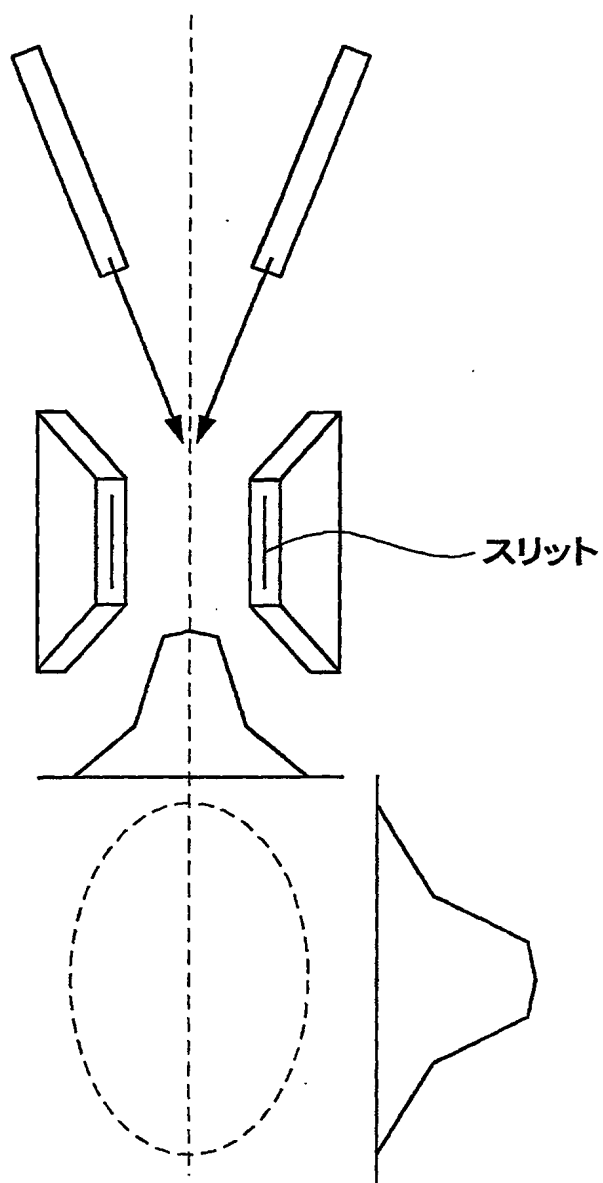


図26



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**